



**SKRIPSI**

**FABRIKASI ALAT UKUR SUDUT  
KONTAK *DUAL CHANNEL* UNTUK  
MENGETAHUI SIFAT POLARITAS  
SUATU BAHAN**

**WAHYU ANGGRIAWAN  
NRP. 1410 100 059**

**Dosen Pembimbing  
Dr. rer. nat. Fredy Kurniawan, M.Si.**

**Jurusan Kimia  
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya  
2015**



**SCRIPT**

**DUAL CHANNEL CONTACT ANGLE  
METER FABRICATION TO DETECT  
MATERIAL POLARITY PROPERTIES**

**WAHYU ANGGRIAWAN  
NRP. 1410 100 059**

**Advisor Lecturer  
Dr. rer. nat. Fredy Kurniawan, M.Si.**

**Chemistry Department  
Faculty of Mathematics and Sciences  
Sepuluh Nopember Institute of Technology  
Surabaya  
2015**

**FABRIKASI ALAT UKUR SUDUT KONTAK  
DUAL CHANNEL UNTUK MENGETAHUI SIFAT  
POLARITAS SUATU BAHAN**


**SKRIPSI**

Disusun sebagai syarat untuk menyelesaikan Program Studi S-1  
Di Jurusan Kimia,  
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya

**Wahyu Anggriawan  
NRP. 1410100059**


Surabaya, 29 Januari 2015

Menyetujui :  
Dosen Pembimbing,



Dr. rer. nat. Fredy Kurniawan, Msi  
NIP. 19740428 199802 1 001

Mengetahui :  
Ketua Jurusan Kimia,



Hamzah Fansuri, MSi., Ph.D  
NIP. 19691017199412 1 001

# **FABRIKASI ALAT UKUR SUDUT KONTAK DUAL CHANNEL UNTUK MENGETAHUI SIFAT POLARITAS SUATU BAHAN**

**Nama : WAHYU ANGGRIAWAN**  
**NRP : 1410100059**  
**Jurusan : Kimia**  
**Dosen Pembimbing : Dr. rer. nat. Fredy Kurniawan, M.Si.**

## **Abstrak**

Pada penelitian ini telah dibuat alat ukur sudut kontak dengan modifikasi *dual channel*. Pengujian kinerja alat dilakukan dengan mengukur nilai sudut kontak dan diameter tiga bahan padat (politetrafluoroetilen, polivinilklorida dan polimetilmetakrilat) dan bahan cair (akua demineralisasi, etanol dan toluen) yang masing-masing memiliki nilai momen dipol berbeda. Hasil pengujian kinerja alat menunjukkan nilai sudut kontak  $118,783^\circ$  yang sesuai dengan rentang nilai standar alat ( $108-125^\circ$ ) pada ASTM C813-90. Hasil pengukuran pada bahan air-PTFE ( $\theta=118,783^\circ$ ,  $D=0,260$  cm), air-PVC ( $\theta=83,196^\circ$ ,  $D=0,311$  cm), air-PMMA ( $\theta=74,468^\circ$ ,  $D=0,340$  cm), etanol-PTFE ( $\theta=52,351^\circ$ ,  $D=0,320$  cm) dan toluen-PTFE ( $\theta=40,204^\circ$ ,  $D=0,366$  cm) diperoleh nilai sudut kontak yang berbeda pada diameter yang berbeda. Nilai sudut kontak air pada PTFE paling tinggi dibandingkan dengan etanol dan toluen sesuai dengan besar nilai momen dipol yang dimiliki. Penelitian ini dapat digunakan sebagai langkah awal penggunaan alat ukur sudut kontak untuk mengetahui sifat polaritas bahan.

***Kata kunci: alat ukur sudut kontak dual channel, momen dipol, pembasahan, analisis sudut kontak, sifat polaritas.***

# **DUAL CHANNEL CONTACT ANGLE METER FABRICATION TO DETECT MATERIAL POLARITY PROPERTIES**

**Name : WAHYU ANGGRIAWAN**  
**NRP : 1410 100 059**  
**Department : Kimia**  
**Advisor : Dr. rer. nat. Fredy Kurniawan, M.Si.**

## **Abstract**

In this research, contact angle meter had constructed by dual channel modification. This tools had its performance tested by measuring the contact angle and diameter value of the three different solid material (polytetrafluoroethylene, polyvinylchloride and polymethylmethacrylate) and liquid material (aqua demineralization, ethanol and toluene) which have different dipole moment. The value of standardization is  $118,783^\circ$  in accordance with the range of values ( $108-125^\circ$ ) in ASTM C813-90 standard tools. These results for water droplet on PTFE ( $\theta=118,783^\circ$ ,  $D=0,260$  cm), PVC ( $\theta=83,196^\circ$ ,  $D=0,311$  cm), PMMA ( $\theta=74,468^\circ$ ,  $D=0,340$  cm), etanol droplet on PTFE ( $\theta=52,351^\circ$ ,  $D=0,320$  cm) and toluen droplet on PTFE ( $\theta=40,204^\circ$ ,  $D=0,366$  cm) found that contact angle value different in every diameter. For the water droplet on PTFE, contact angle value is higher than ethanol and toluene droplet on PTFE caused by different dipole moment. This study can be used as an initial step using the contact angle measuring instrument to determine the polarity material properties.

***Keywords: dual channel contact angle meter, dipole moment, wettability, contact angle analyser, polarity properties.***



## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT karena atas rahmat dan hidayahNya sehingga naskah skripsi yang berjudul **“FABRIKASI ALAT UKUR SUDUT KONTAK *DUAL CHANNEL* UNTUK MENGETAHUI SIFAT POLARITAS SUATU BAHAN”** dapat diselesaikan dengan baik.

Tulisan ini tidak dapat terwujud tanpa bantuan, dukungan dan dorongan dari semua pihak, untuk itu penulis sangat berterima kasih kepada:

1. Bapak Dr. rer. nat. Fredy Kurniawan, MSi, selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan selama proses penyelesaian naskah skripsi ini.
2. Bapak Hamzah Fansuri, M.Si, Ph.D, selaku ketua jurusan atas fasilitas yang telah diberikan sehingga naskah skripsi ini dapat terselesaikan.
3. Bapak dan Ibu dosen semua yang telah membimbing dan mendidik penulis.
4. Semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan naskah skripsi ini.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa naskah skripsi ini tidak lepas dari kekurangan. Oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun untuk dapat meningkatkan kualitas dan perbaikan lebih lanjut. Semoga apa yang disampaikan dalam naskah skripsi ini memberikan manfaat baik bagi pembaca maupun penulis sendiri.

Surabaya, 07 Januari 2015

Penulis

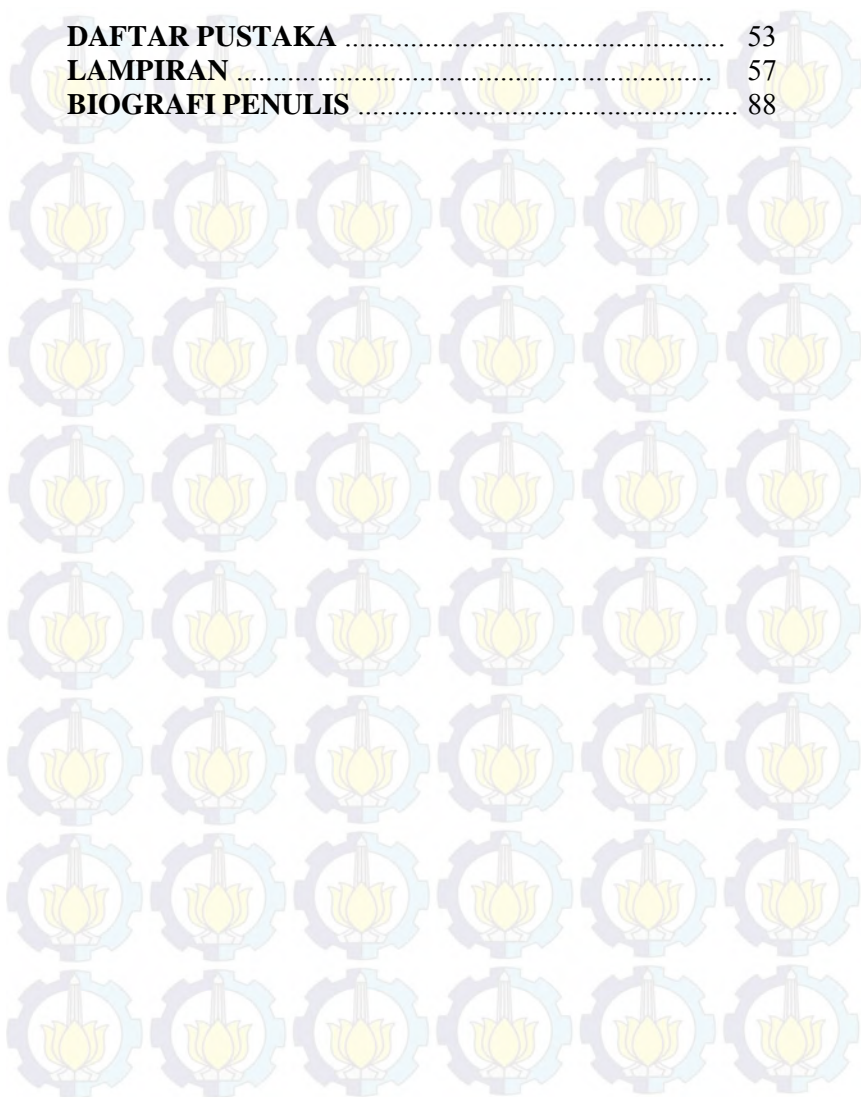
## DAFTAR ISI

<b>LEMBAR PENGESAHAN</b> .....	iv
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	vii
<b>DAFTAR ISI</b> .....	viii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xi
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xii
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xiii
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Permasalahan .....	6
1.3. Tujuan Penelitian .....	6
1.4. Batasan Penelitian .....	7
1.5. Manfaat Penelitian .....	7
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	9
2.1. Sudut Kontak .....	9
2.1.1 Alat Ukur Sudut Kontak .....	12
2.1.2 Alat Ukur Sudut Kontak Single Channel .....	15
2.2. Gaya Antar Molekul .....	16
2.2.1 Gaya Dipol-Dipol .....	17
2.2.2 Gaya Ion-Dipol .....	17
2.2.3 Gaya Dipol-Terinduksi .....	18
2.3. Gaya Tolak .....	19
2.4. Molekul Polar .....	19
2.5. Dipol Listrik .....	22
2.6. Alat Ukur Momen Dipol .....	24
2.7. Tegangan Permukaan .....	25
2.8. Sistem Padat-Cair .....	27
2.9. Polimer .....	27
2.10. Pembersihan Permukaan Bahan .....	29

<b>BAB III METODOLOGI .....</b>	<b>31</b>
3.1. Alat dan Bahan .....	31
3.1.1. Peralatan .....	31
3.1.2. Bahan .....	31
3.2. Prosedur Kerja .....	32
3.2.1. Preparasi Cuplikan .....	32
3.2.2. Standarisasi Alat Ukur Sudut Kontak Dual Channel .....	32
3.2.3. Pengukuran Sudut Kontak .....	33
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>37</b>
4.1. Alat Ukur Sudut Kontak Dual Channel .....	37
4.2. Standarisasi Ukur Sudut Kontak Dual Channel .....	39
4.3. Analisis Nilai Sudut Kontak Air pada Permukaan Lapisan Padatan Politetrafluoroetilen .....	43
4.4. Analisis Nilai Sudut Kontak Etanol pada Permukaan Lapisan Padatan Politetrafluoroetilen .....	44
4.5. Analisis Nilai Sudut Kontak Toluena pada Permukaan Lapisan Padatan Politetrafluoroetilen .....	44
4.6. Analisis Nilai Sudut Kontak Air pada Permukaan Lapisan Padatan Polimetilmetakrilat .....	45
4.7. Analisis Nilai Sudut Kontak Air pada Permukaan Lapisan Padatan Polivinilklorida .....	46
4.8. Korelasi Nilai Sudut Kontak dengan Momen Dipol .....	46
<b>BAB V KESIMPULAN .....</b>	<b>51</b>
5.1. Kesimpulan .....	51
5.2. Saran .....	52



<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>53</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>	<b>57</b>
<b>BIOGRAFI PENULIS .....</b>	<b>88</b>



## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Polimer dan aplikasinya .....	29
Tabel 4.1	Nilai pengukuran sudut kontak tetesan air pada permukaan lapisan padatan politetrafluoroetilen .....	43
Tabel 4.2	Nilai pengukuran sudut kontak tetesan etanol pada permukaan lapisan padatan politetrafluoroetilen .....	44
Tabel 4.3	Nilai pengukuran sudut kontak tetesan toluen pada permukaan lapisan padatan politetrafluoroetilen .....	45
Tabel 4.4	Nilai pengukuran sudut kontak tetesan air pada permukaan lapisan padatan polimetilmetakrilat. ....	45
Tabel 4.5	Nilai pengukuran sudut kontak tetesan air pada permukaan lapisan padatan polivinilklorida .....	46

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Bentuk tetesan cairan ketika ditetaskan pada bahan padat hidrofobik .....	11
Gambar 2.2	Bentuk tetesan cairan ketika ditetaskan pada bahan padat hidrofilik .....	12
Gambar 2.3	Goniometer.....	12
Gambar 2.4	Penggunaan mikroskop optis monokuler sebagai alat ukur sudut kontak <i>single channel</i> .....	16
Gambar 2.5	Resultan vektor momen dipol ikatan dalam molekul .....	21
Gambar 2.6	Sebuah ion dalam pelarut polar, terlarutkan karena antar aksinya dengan dipol molekul pelarut .....	23
Gambar 2.7	(a) plat kapasitor bermuatan netral pada $t = 0$ (b) plat kapasitor bermuatan sesuai dengan tegangan yang diberikan pada $t = 0+$ .....	24
Gambar 4.1	Alat Ukur Sudut Kontak Dual Channel .....	38
Gambar 4.2	Tampak depan tetesan cairan (akua demineralisasi) pada Permukaan lapisan padatan politetrafluoroetilen .....	41
Gambar 4.3	Tampak atas tetesan cairan (akua demineralisasi) pada Permukaan lapisan padatan politetrafluoroetilen .....	42
Gambar 4.4	Korelasi nilai sudut kontak air, etanol dan toluen pada permukaan politetrafluoroetilen .....	47

## DAFTAR PUSTAKA

- Adamson, A.W., (1990), *Physical Chemistry of Surface*, 5th ed, John Wiley & Sons Inc, New York.
- ASTM Committee C 813-90 (2004), Standard Test Method for Hydrophobic Contamination on Glass by Contact Angle Measurement, ASTM International, West Conshohocken.
- Atkins, P.W., (1997), *Kimia Fisika*, Edisi keempat, Erlangga, Jakarta.
- Barthlott, W., dan Neinhuis, C., (1997), "Purity of the sacred lotus, or escape from contamination in biological surfaces", *Planta*, Vol. 202, hal 1-8.
- Batchelor, T., Cunder, J., dan Fadeev, A.Y., (2009), "Wetting study of imidazolium ionic liquids", *Journal of Colloid and Interface Science*, Vol. 330, hal. 415-420.
- Batani, A., Laughton, S., Tavana, H., Susnar, S.S., Amirfazli, A., dan Neumann, A.W. (2005), "Effect of electric fields on contact angle and surface tension of drops", *Journal of Colloid and Interface Science*, Vol. 283, hal. 215-222.
- Batani, A., Ababneh, A., Elliot, J.A.W., Neumann, A.W., dan Amirfazli, A. (2005), "Effect of gravity and electric field on shape and surface tension of drops", *Advances in Space Research*, Vol. 36, hal. 64-69.
- Bicerano, J., (2002), *Prediction of polymer properties, third edition, revised and expanded*, Marcel Dekker Inc, New York.
- Chang, R., (2005), *Kimia Dasar: Konsep-konsep Inti*, Edisi Ketiga, Erlangga, Jakarta.
- Chini, S.F. dan Amirfazli, A. (2011), "A method for measuring contact angle of asymmetric and symmetric drops", *Journal of Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, Vol. 388, hal. 29-37.



- Day, R.A., dan Underwood, A.L., (2002), *Analisa Kimia Kuantitatif*, Edisi keenam, Erlangga, Jakarta.
- Dogra, S.K., dan Dogra, S., (1990), *Kimia Fisik dan soal-soal*, UI Press, Jakarta.
- Durkee, J.B., (2005), Using simple science to assay surface cleanliness, Metal finishing.
- Durkee, J.B., dan Kuhn, A., (2008), “Wettability measurements and cleanliness evaluation without substantial cost”, Contact angle, wettability and adhesion, Vol, 5, hal 115-138 Ed. K.L. Mittal.
- Dutkiewicz, M., dan Malecki, J., (1997), “Nonlinear dielectric effect (NDE) and molecular orbital study of the conformational equilibrium in 1,4-dimethoxybenzene in benzene solution”, Journal of Molecular Structure, Vol. 416, hal. 105-111.
- Ercelen, S., Klymchenko, A.S., Demchenko, A.P. (2002), “Ultrasensitive fluorescent probe for the hydrophobic range of solvent polarities”, Analytica Chimica Acta, Vol. 464-2, hal 273-287.
- Fiaz, M., dan Beevers, M.S., (1996), “Temperature dependence of static dielectric permittivity and dipole moments of poly(*N*-vinylcarbazole)”, Polymer, Vol. 37, hal. 755-760.
- Gomes, D.J.C., Souza, N.C., dan Silva, J.R., (2013), “Using a monocular optical microscope to assemble a wetting contact angle analyser”, *Measurement*, Vol. 46, hal 3623-3627.
- Gallardo-Moreno, A.M., Navarro-Perez, M.L., Vadillo-Rodriguez, V., Bruque, J.M., dan Gonzalez-Martin, M.L. (2011), “Insights into bacterial contact angles: Difficulties in defining hydrophobicity and surface Gibbs energy”, *Journal of Colloids and Surfaces B: Biointefaces*, Vol. 88, hal. 373-380.

- Herminghaus, S., Brinkmann, M., dan Seeman, R., (2008), "Wetting and Dewetting of Complex Surface Geometries", *The Annual Review of Materials Research*, Vol. 38:101-21.
- Levine, I.N., (1995), *Physical Chemistry*, 4<sup>th</sup> edition, McGraw-Hill, Inc., New York.
- Osipow, L.I., (1964), *Surface Chemistry*, Reinhold Publishing Corp, New York.
- Oxtoby, D.W., Gillis, H.P., dan Nachtrieb, N.H., (2002), *Prinsip-Prinsip Kimia Modern*, Erlangga, Jakarta.
- Restolho, J., Mata, J.L., dan Saramago, B. (2009), "On the interfacial behavior of ionic liquids: Surface tensions and contact angles", *Journal of Colloid and Interface Science*, Vol. 340, hal. 82-86.
- Stalder, A.F., Kulik, G., Sage, D., Barbieri, L., dan Hoffmann, P. (2006), "A snake-based approach to accurate determination of both contact points and contact angles", *Journal of Colloids and Surface A: Physicochem Engineering Aspects*, Vol. 286, hal. 92-103.
- Stalder, A.F., Melchior, T., Muller, M., Sage, D., Blu, T., dan Unser, M. (2010), "Low-bond axisymmetric drop shape analysis for surface tension and contact angle measurements of sessile drops", *Journal of Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, Vol. 364, hal. 72-81.
- Standal, S., Haavik, J., Blokhus, A.M., dan Skauge, A. (1999), "Effect of polar organic components on wettability as studied by adsorption and contact angles", *Journal of Petroleum Science and Engineering*, Vol. 24, hal. 131-144.
- Syakur, A., A Novia, K., Sarjiya, Tumiran, Berahim, H., dan Rochmadi. (2010), "Pengaruh penambahan karet silikon terhadap sudut kontak hidropobik dan karakteristik arus bocor permukaan pada bahan resin epoksi", *Jurnal Teknologi Elektro UGM*, Vol. 9 No. 2.

Tavana, H., Lam, C.N.C., Grundke, K., Friedel, P., Kwok, D.Y., Hair, M.L., dan Neumann, A.W. (2004), "Contact angle measurements with liquids consisting of bulky molecules", *Journal of Colloid and Interface Science*, Vol. 279, hal. 493-502.

Wesen, C., (2014), *Dipole Moment*, Lecture handout, Washington State University, Washington.

Wlodarska, M. (2014), "Dipole moment calculation in solution for some liquid crystalline molecules", *Journal of Molecular Structure*, Vol. 1059, hal. 44-50.

Young, R.J., dan Lovell, P.A., (1991), *Introduction to Polymer*, Chapman & Hall, London.



## BIODATA PENULIS



Penulis dilahirkan di Surabaya pada tanggal 24 Juni 1993. Penulis adalah alumnus dari TK Kemala Bhayangkari Surabaya, SDN Kandangan I/121 Surabaya, SMPN 14 Surabaya, SMAN 11 Surabaya. Penulis melanjutkan Pendidikan Tinggi di Jurusan Kimia Fakultas MIPA Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya pada bulan september 2010. Penulis sempat menempuh kerja praktek di bagian analisis minyak bumi di Pusat Penelitian dan Pengembangan Minyak dan Gas Bumi, Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, Jakarta. Penulis pernah aktif dalam beberapa organisasi di Jurusan Kimia yakni Himpunan Mahasiswa Kimia (HIMKA) sebagai ketua tim IT dan Lembaga Dakwah Jurusan *Chemistry Islamic Studies* (CIS) sebagai ketua organisasi. Penulis menamatkan studi S1 di Jurusan Kimia MIPA dengan mengambil Tugas Akhir pada bidang instrumentasi dan sains analitik. Penulis bisa dihubungi melalui [wahyuanggriawan.wa@gmail.com](mailto:wahyuanggriawan.wa@gmail.com).



# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Sudut kontak merupakan sebuah parameter yang penting dalam aplikasi perkembangan ilmu koloid dan permukaan. Informasi yang diperoleh dari data sudut kontak adalah energi permukaan, hidrofobisitas, hidrofilisitas, kekasaran permukaan dan heterogenitas permukaan (Tavana dkk, 2004). Interaksi bahan yang terdapat pada fasa padat dan cair dalam pengukuran sudut kontak dapat digunakan sebagai dasar untuk mendeteksi polaritas suatu bahan.

Sifat listrik pada polimer berperan penting dalam berbagai bidang aplikasi. Aplikasi sifat listrik bahan polimer yang paling luas adalah sebagai isolasi kabel. Akhir-akhir ini, polimer dengan kinerja yang bagus menjadi sangat penting dalam industri elektronik seperti pembungkus komponen elektronik, pelapis dielektrik dan sebagai bahan *printed wiring board*. Konstanta dielektrik atau permitivitas ( $\epsilon$ ) dan faktor disipasi yang berdimensi kuantitatif merupakan kunci dari sifat listrik bahan polimer. Konstanta dielektrik ( $\epsilon$ ) adalah ukuran polaritas suatu media antara dua muatan ketika media tersebut dikenakan pada medan listrik. Nilai konstanta dielektrik yang besar menunjukkan polaritas bahan polimer yang juga besar pada dua muatan. Pembuatan skala polaritas suatu pelarut sangat penting dalam perkembangan ilmu dan teknologi kimia. Skala polaritas tersebut sering diaplikasikan untuk melakukan analisis suatu mekanisme dan untuk memprediksi laju kimia, fotokimia dan reaksi biokimia. Polaritas pelarut menyajikan sebuah parameter yang penting dalam proses ekstraksi dan teknologi permisahan kromatografi. Konsep polaritas juga bisa diaplikasikan dalam penelitian di bidang bahan padat seperti bahan kaca dan polimer (Ercelen, 2002).

Penelitian mengenai fenomena pembasahan suatu bahan telah dilakukan oleh banyak peneliti sejak 200 tahun yang lalu. Beragam tujuan mengenai fenomena pembasahan dengan tujuan untuk mendapatkan metode yang tepat dan akurat pada analisis pembasahan (Herminghaus dkk, 2005). Penelitian di bidang pembasahan suatu bahan ini dimulai dari ketertarikan banyak peneliti pada fenomena yang terjadi pada tanaman teratai yang bersifat hidrofobik (Barthlott dkk, 1997).

Pengukuran sudut kontak adalah salah satu metode yang tepat untuk digunakan mempelajari serta mengembangkan fenomena pembasahan. Metode ini lazim digunakan karena karakteristik pengukurannya yang bersifat tidak merusak bahan yang diuji dan tidak banyak merubah karakteristik kimia dan fisika bahan tersebut (ASTM C 813-90, 2004). Penggunaan metode pengukuran sudut kontak yang mudah dilakukan juga mendorong banyak peneliti menggunakan metode ini untuk melakukan penelitian di bidang kimia permukaan dan koloid.

Beragam bidang penelitian dibidang pengukuran sudut kontak digunakan sebagai metode acuan untuk mengetahui interaksi permukaan antar bahan yang diuji. Gallardo-Moreno dkk (2011) dalam penelitiannya yang berkaitan dengan fenomena pembasahan pada permukaan koloni bakteri menjadikan air dalam pengukuran sudut kontak sebagai indikator universal, di mana air sebagai larutan yang akan ditetaskan pada permukaan koloni bakteri yang dijadikan sebagai substrat padatan.

Pengukuran sudut kontak ini juga digunakan pada penelitian lain untuk mengetahui bagaimana interaksi polar dan nonpolar di dalam suspensi yang berkorelasi dengan perilaku antar muka dari larutan ionik. Restolho dkk (2009) mengukur nilai tegangan permukaan dan sudut kontak lima bahan cair dengan polaritas berbeda pada tiga bahan padat dengan polaritas yang berbeda. Diperoleh hasil yang menunjukkan bahwa nilai polaritas yang tidak jauh berbeda

antara bahan cair dan bahan padat akan memberikan nilai sudut kontak kurang dari  $90^\circ$ . Kontrol temperatur juga dilakukan pada penelitian tersebut yaitu dilakukan pada rentang temperatur 298–453 K. Penelitian yang dilakukan oleh Restolho dkk (2009) tersebut mencoba mengkorelasikan antara nilai tegangan permukaan padatan dan cairan dengan nilai polaritasnya. Nilai tegangan permukaan diperoleh dari substitusi nilai sudut kontak pada persamaan Young. Diperoleh korelasi bahwa nilai sudut kontak berbanding lurus dengan nilai tegangan permukaan cairan.

Hasil perbandingan pengukuran sudut kontak oleh Restolho dkk (2009) pada padatan yang berbeda dengan cairan yang sama menunjukkan perbedaan nilai sudut kontak yang berbeda sebagaimana hasil perolehan pengukuran yang dilakukan Batchelor dkk (2009). Berdasarkan penelitian tersebut perilaku pembasahan cairan ionik pada permukaan hidrofobik dan hidrofilik memberikan sebuah pandangan baru pada polaritas larutan. Namun, penelitian tersebut masih belum menunjukkan fokus utama mengenai analisis korelasi nilai pengukuran sudut kontak terhadap polaritas suatu bahan.

Fenomena pembasahan yang terjadi pada batuan reservoir dengan adanya cairan minyak dan air juga dapat diamati menggunakan metode pengukuran sudut kontak seperti yang dilakukan oleh Standal dkk (1999). Untuk mengetahui fenomena pembasahan ini Standal dkk (1999) melakukan penelitian dengan membuat sistem minyak mentah - air garam – batuan dan mempelajari interaksi permukaan yang terjadi dari cairan-cairan dan cairan-padatan. Peran pengukuran sudut kontak pada penelitian tersebut sangat signifikan karena dapat dijadikan indikator perilaku adsorpsi senyawa organik polar pada bahan padatan (gelas silika dan  $\alpha$ -alumina). Penelitian tersebut juga menunjukkan bahwa kehadiran kation divalen pada pH tinggi meningkatkan sudut kontak dibandingkan kehadiran kation monovalen.



Di sisi lain penentuan nilai momen dipol dari senyawa dalam bentuk larutan yang diteliti oleh Wlodarska (2014) dianalisis secara percobaan dan perhitungan teori. Pengukuran momen dipol dilakukan pada senyawa yang dilarutkan di dalam pelarut non polar (benzena) untuk meminimalisir terjadinya interaksi antar molekul tetangga. Nilai momen dipol dihitung berdasarkan kerangka persamaan *Onsager*. Meskipun asumsi yang berlaku pada persamaan ini dikhususkan untuk molekul berbentuk bola, yang tidak memiliki bentuk berbeda dengan mayoritas bentuk kristal cair pada penelitian pengukuran momen dipol pada cairan kristal. Model persamaan *Onsager* ini telah berhasil digunakan untuk menjelaskan karakteristik dielektrik pada beberapa senyawa lain sebagaimana yang dilakukan oleh Dutkiewicz (1997). Selain itu pada penelitian lain juga disebutkan pengukuran momen dipol dapat dilakukan menggunakan persamaan *Guggenheim* (Fiaz, 1996).

Untuk memenuhi variabel yang ada pada persamaan tersebut dilakukan percobaan dengan peralatan yang cukup rumit. Pengukuran momen dipol dilakukan dengan cara meletakkan cuplikan ke dalam kapasitor tipis. Oleh karena itu, diperlukan sebuah alat yang memiliki kemampuan menentukan momen dipol suatu molekul dengan sederhana dan akurat.

Luasnya aplikasi pengukuran sudut kontak pada beragam bidang penelitian dibidang kimia mendorong dilakukannya penelitian ini dengan diawali pembuatan alat ukur sudut kontak. Penelitian ini fokus pada pengukuran sudut kontak pada bahan yang digunakan dan analisis korelasi nilai pengukuran sudut kontak dengan nilai momen dipolnya. Air, etanol dan toluen digunakan sebagai cairan yang akan diteteskan pada permukaan lapisan padatan. Bahan padatan yang digunakan antara lain politetrafluoroetilen (PTFE), polivinil klorida (PVC) dan polimetilmetakrilat (PMMA). Kondisi lingkungan ketika proses pengukuran sudut kontak



diatur pada rentang temperatur 26-28°C. Masing-masing bahan cair dan bahan padat yang digunakan tersebut memiliki nilai momen dipol yang berbeda. Penggunaan nilai momen dipol yang berbeda memungkinkan dilakukan perbandingan nilai pengukuran sudut kontak yang diperoleh dengan nilai momen dipolnya.

Gomes dkk (2013) telah melakukan penelitian mengenai pengukuran nilai sudut kontak menggunakan alat ukur sudut kontak hasil rancangan mereka. Penggunaan mikroskop optis monokuler tersebut mampu mengamati nilai sudut kontak air pada permukaan politetrafluoroetilen dengan sudut kontak sebesar 151°. Nilai sudut kontak tersebut sangat berbeda dari standar internasional ASTM C813-90. Rangkaian alat ukur sudut kontak dari mikroskop optis monokuler tersebut ditunjukkan pada gambar 2.4.

Pada penelitian ini dilakukan pembuatan alat ukur sudut kontak *dual channel* yang dikorelasikan dengan sifat momen dipol suatu molekul. Prinsip sederhananya adalah bahan yang memiliki momen dipol atau polaritas yang sama akan cenderung untuk saling memiliki interaksi yang kuat satu sama lain, sehingga akan menghasilkan sudut kontak sangat rendah. Sedangkan bahan yang memiliki momen dipol berlainan akan memiliki interaksi satu sama lain yang lemah dan cenderung untuk mempertahankan gaya kohesinya. Sehingga sudut kontak yang terbentuk akan lebih sangat tinggi. Korelasi nilai sudut kontak dengan data momen dipol yang diketahui diharapkan mampu menjadi terobosan baru terciptanya alat ukur momen dipol bahan padat dan cair yang sederhana dan akurat.

Pengolahan gambar hasil pemotretan tetesan cairan pada permukaan bahan padat menggunakan perangkat lunak *Low Bond-Axisymmetric Drop Shape Analysis* (LB-ADSA) yang sebelumnya telah dipasang di perangkat lunak pengolahan gambar (*ImageJ, OpenSource*). Perangkat lunak yang digunakan untuk menganalisis nilai sudut kontak ini telah

mengalami serangkaian pengujian analisis sudut kontak pada standar tetesan cairan pada bahan padatan yang digunakan dan menunjukkan hasil yang bagus. Teknik penetesan cairan pada permukaan bahan padat adalah metode yang paling luas digunakan untuk mengukur sudut kontak.

Untuk mendapatkan kondisi antara nilai sudut kontak dengan nilai momen dipol suatu bahan, maka diperlukan pemahaman mengenai sistem kerja alat ukur sudut kontak, interaksi permukaan dan karakteristik bahan. Ketidaksiediaan alat ukur sudut kontak di Laboratorium Instrumentasi dan Sains Analitik Kimia ITS, maka penelitian ini diawali dengan proses pembuatan alat ukur sudut kontak. Komponen-komponen penyusun alat yang cukup mudah membuat proses pembuatannya dapat berjalan dengan baik. Penentuan posisi kamera menjadi fokus tersendiri ketika proses pembuatan alat agar diperoleh standar yang tepat. Dilakukannya penelitian ini juga bertujuan sebagai ide awal untuk menjadikan pengukuran sudut kontak sebagai metode sederhana dan akurat untuk menentukan polaritas suatu bahan.

## **1.2 Permasalahan**

Rumusan masalah dari penelitian ini adalah menentukan bagaimana cara membuat alat ukur sudut kontak *dual channel* yang akurat dan mampu mengamati diameter tetesan serta menganalisis korelasi nilai pengukuran sudut kontak dengan nilai momen dipol bahan.

## **1.3 Tujuan Penelitian**

Penelitian ini bertujuan untuk memfabrikasi alat ukur sudut kontak berdasarkan standar internasional yang berlaku dalam ASTM C813-90 dengan modifikasi *dual channel* yang dapat digunakan untuk mengetahui sifat polaritas suatu bahan.

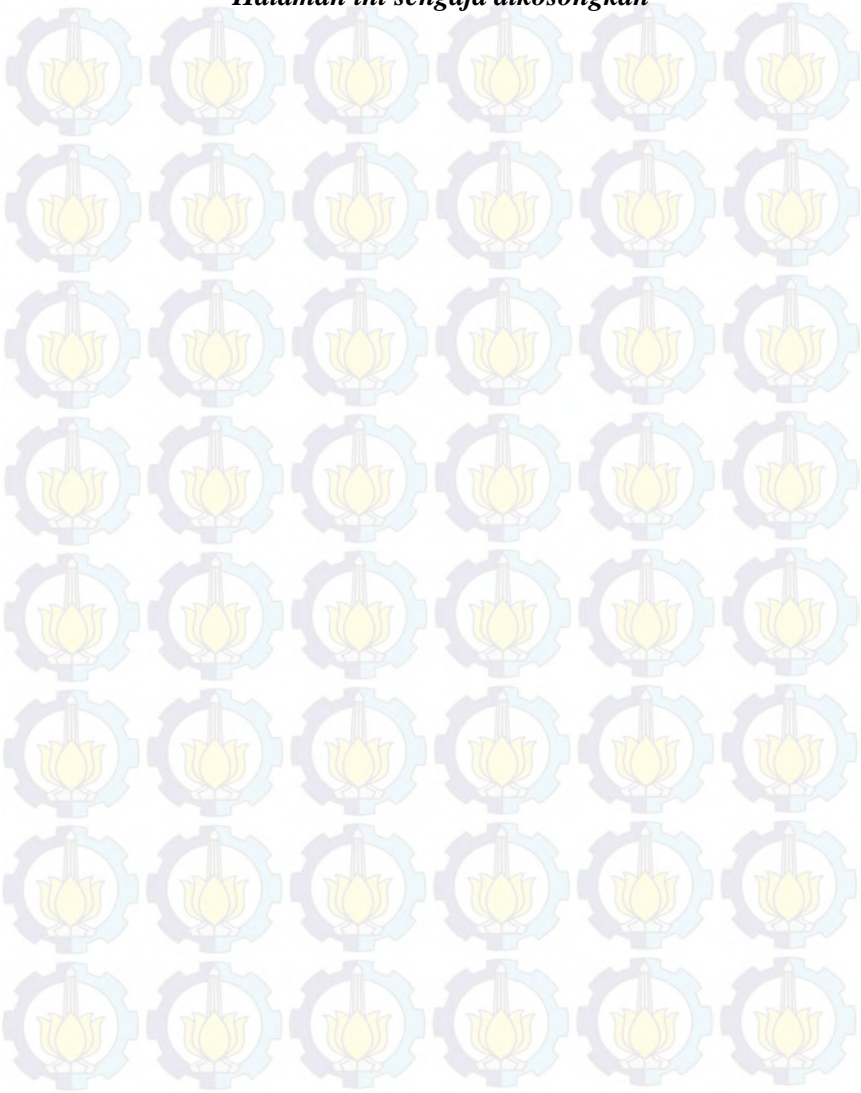
#### **1.4 Batasan Penelitian**

Batasan masalah dalam penelitian ini yaitu melakukan fabrikasi alat ukur sudut kontak *dual channel* sesuai dengan standar internasional yang berlaku dalam ASTM C813-90. Korelasi nilai diameter terhadap nilai sudut kontak pada pengujian menggunakan bahan yang sama.

#### **1.5 Manfaat Penelitian**

Manfaat dari penelitian ini adalah terciptanya alat ukur sudut kontak *dual channel*, sehingga bisa digunakan untuk menguji sifat polaritas bahan padat dan cair.

***“Halaman ini sengaja dikosongkan”***





## BAB 2

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Sudut Kontak

Pengukuran sudut kontak cairan pada suatu bahan padatan dilakukan untuk mengetahui sifat permukaan bahan, hidrofobik atau hidrofilik. Sudut kontak didefinisikan sebagai sudut yang terbentuk oleh permukaan tetesan dengan permukaan padatan. Sudut kontak dihitung dari persamaan Young (Tavana dkk, 2004).

$$\cos\theta = \frac{\gamma_{SV} - \gamma_{SL}}{\gamma_{LV}} \quad (2.1)$$

Pada tahun 1805, Thomas Young, membuat perhitungan terhadap pengamatannya mengenai tetesan cairan. Persamaan (2.1), dinamakan dengan persamaan Young, yang merupakan persamaan matematis dari bentuk tetesan cairan pada permukaan bahan padat terhadap tiga gaya tegangan permukaan yang bekerja pada fenomena tersebut.

Parameter  $\gamma$  adalah tegangan permukaan. Dimana  $\gamma_{SV}$  adalah tegangan antarmuka antara fasa padat dan gas.  $\gamma_{SL}$  adalah tegangan antarmuka antara fasa padat dan cair.  $\gamma_{LV}$  adalah tegangan antarmuka antara fasa cair dan gas. Tegangan permukaan menggambarkan reaktivitas dari permukaan bahan padat, cair dan gas. Bagian dari energi permukaan merupakan energi bebas tiap unit area ( $\text{mJ/m}^2$ ). Tegangan permukaan merupakan gaya tiap unit panjang ( $\text{dyne/cm}$  atau  $\text{mN/m}$ ). Nilai numerik dari  $\text{mJ/m}^2$  dapat dikonversi melalui definisi dari bagian terhadap nilai numerik yang sama dari  $\text{dyne/cm}$ . Tetapi energi permukaan adalah tidak sama dengan tegangan permukaan. Nilai tegangan permukaan diperoleh dari gaya intermolekuler antar molekul. Pada persamaan Young,  $\theta$  merupakan sudut kontak, diukur dalam satuan derajat. Nilai tersebut adalah parameter terukur yang berdiri sendiri.

Persamaan Young berlaku terhadap penyebaran satu dimensi dalam arah horisontal. Secara prinsip persamaan Young adalah gaya keseimbangan. Gaya apung dan gravitasi diabaikan pada gaya keseimbangan ini karena arah penjumlahan dari gaya tersebut adalah horisontal. Penurunan persamaan Young dapat dilakukan untuk meminimalisir nilai total energi bebas permukaan.

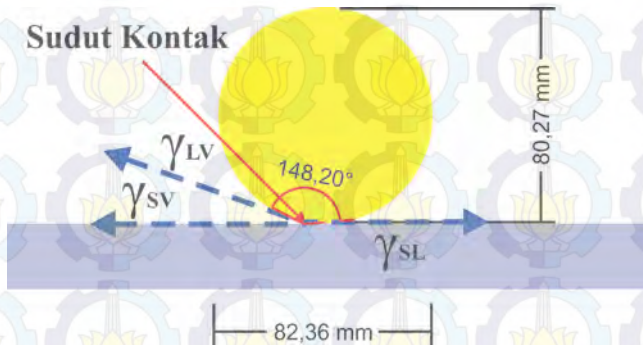
Asumsi yang digunakan dalam persamaan Young bersifat metastabil. Asumsi ini seringkali didengar sebagai laju pergerakan tetesan yang lemah tetapi menentu. Jumlah dari keseluruhan tegangan permukaan bertindak pada bagian sudut tetesan yang harus seimbang bernilai nol untuk mencapai kesetimbangan.

Persamaan Young berlaku pada bagian ideal permukaan yang sangat halus dan homogen secara kimia. Informasi mengenai kebersihan permukaan pada beberapa kasus diperoleh secara langsung dari persamaan Young. Biasanya beberapa modifikasi diselesaikan sebagai persamaan tambahan dan kendala ditambahkan untuk membuat penyelesaian yang lebih tepat.

Para peneliti mengklasifikasi nilai sudut kontak cairan pada permukaan bahan padat dalam tiga kelompok yaitu untuk bahan yang bersifat basah atau hidrofilik memiliki nilai sudut kontak kurang dari  $30^\circ$ . Bahan padat yang memiliki nilai sudut kontak lebih dari  $90^\circ$  disebut dengan bahan yang bersifat hidrofobik. Sedangkan nilai sudut kontak antara  $30^\circ$  -  $90^\circ$  disebut basah sebagian. Klasifikasi tersebut didasarkan pada penetesan air pada permukaan bahan padat (Syakur dkk, 2010).

Gambar 2.1 dan 2.2 menunjukkan bagaimana fenomena pembasahan cairan berlangsung pada padatan yang berkaitan dengan nilai tegangan permukaannya. Gambar 2.1 menunjukkan tetesan cairan yang ditolak oleh permukaan padatan dan gambar 2.2 menunjukkan tetesan cairan yang membasahi permukaan padatan. Tetesan cairan dengan

volume yang sama pada permukaan padatan, konformasi atau bentuk dari tetesan cairan sangat berbeda bergantung pada cairan yang digunakan. Kesesuaian antara cairan dengan permukaan padatan mempengaruhi konformasi dari tetesan cairan.



Gambar 2.1 Bentuk tetesan cairan ketika ditetaskan pada permukaan bahan padat hidrofobik.

Pada gambar 2.1 c airan ditolak oleh permukaan. Volume cairan yang terbentuk menyebabkan turunnya nilai energi permukaan dan tinggi dari volume tetesan cairan sudah maksimal. Sudut kontak yang dihasilkan sangat tinggi. Total penolakan yang sangat ekstrim dari cairan oleh permukaan, sudut kontak bisa sebesar  $180^\circ$ . Pada gambar 2.2 cairan membasahi permukaan. Volume cairan menyebar dan tinggi dari volume tetesan cairan sangat rendah. Sudut kontak yang dihasilkan rendah. Bahkan bisa bernilai  $0^\circ$  jika permukaan cairan dan permukaan padatan memiliki karakteristik polaritas yang sama.

Sudut kontak mempengaruhi pembasahan cairan pada suatu bahan padatan. Agen pembasahan yang biasa digunakan, material surfaktan, umumnya terdiri dari jenis molekul polar-nonpolar. Bagian nonpolar biasanya



sumber lampu (*backlight*), kamera *video*, *sample holder*, *micro syringe* dan komputer yang telah dilengkapi dengan perangkat lunak untuk memotret dan merekam gambar tetesan, menganalisis gambar tetesan dan memberikan laporan hasil analisis.

a. Sumber lampu

Sumber lampu pada alat ini membantu kamera menghasilkan gambar yang mudah untuk dianalisis. Pengujian nilai sudut kontak pada bahan padat yang transparan seperti polimetilmetakrilat akan memberikan hasil gambar yang baik ketika lampu tidak dinyalakan. Pada bahan padat yang tidak transparan seperti politetrafluoroetilen, sebaiknya lampu dinyalakan untuk memberikan efek siluet pada gambar tetesan yang dihasilkan. Jenis gambar siluet akan memudahkan analisis gambar tetesan.

b. Kamera Video

Kualitas kamera yang digunakan pada alat ukur sudut kontak harus berpengaruh pada hasil gambar yang diperoleh. Rentang perbesaran kamera yang lebar memudahkan proses pengamatan tetesan walaupun dengan jarak antara kamera dengan tetesan cairan pada padatan cukup beragam. Kamera yang dilengkapi lampu LED (*Light Emitting Diode*) dapat digunakan untuk memperoleh gambar tetesan lebih optimal. Dengan melakukan beberapa penyesuaian dengan *backlight* dan karakteristik warna padatan, maka akan diperoleh gambar tetesan yang sangat bagus dan jelas.

c. Sample Holder

Bahan padat yang akan diuji harus terletak pada tempat yang datar. Bagian ini terletak tepat di bawah *micro syringe*. Bagian ini bisa diatur tinggi rendahnya sesuai ukuran bahan padat yang digunakan.



#### d. *Drop Applicator*

Tujuan penggunaan *drop applicator* ini untuk memudahkan penetesan cairan yang terdapat di dalam *micro syringe* ke permukaan lapisan bahan padat di bawahnya. Jarak ujung jarum dengan permukaan bahan padat harus berada pada jarak yang paling dekat untuk meminimalkan benturan yang keras antara tetesan dengan permukaan bahan padat yang berpengaruh pada bentuk tetesan. Berdasarkan sifat pembasahan antara cairan dengan padatan yang diuji, terdapat dua prosedur penetesan yang berbeda. Pengambilan gambar tetesan harus tepat pada waktu dimana bentuk tetesan terbaik terjadi.

#### e. *Low Bond-Axisymmetric Drop Shape Analysis (LB-ADSA)*

Analisis nilai sudut kontak cairan pada lapisan padatan yang telah di potret menggunakan mikroskop portable, dilakukan menggunakan perangkat lunak *Low Bond-Axisymmetric Drop Shape Analysis* yang diciptakan oleh Aurelien Stalder. Perangkat lunak ini selain mampu digunakan untuk mengukur nilai sudut kontak tetesan cairan pada lapisan padatan juga dapat digunakan untuk menentukan volume tetesan cairan, jari-jari kontak tiga fasa cair-padat-gas, luas area permukaan tetesan dan tegangan antarmuka fasa cair dan gas. Pada prinsipnya, bentuk tetesan cairan pada lapisan padatan ditentukan oleh keseimbangan antara gravitasi dan tegangan antarmuka. Faktor gravitasi membuat tetesan cairan pada lapisan padatan cenderung membentuk lapisan yang datar dan tipis. Tegangan antarmuka mampu meminimalisir luas area permukaan antarmuka tetesan cairan dan lapisan padatan, sehingga tetesan cairan membentuk lingkaran. Bentuk akhir dari tetesan cairan pada lapisan padatan didefinisikan menggunakan persamaan *Laplace* (Tavana dkk, 2004). Metode pengukuran LB-ADSA ini berdasarkan pada penyelesaian persamaan *Laplace* dengan melakukan integrasi bilangan untuk mendapatkan bentuk

analisis tetesan yang sesuai gambar tetesan yang diuji (Stalder dkk, 2010)

Perangkat lunak ini dapat digunakan setelah sebelumnya dipasang terlebih dahulu pada perangkat lunak pengolah gambar (*ImageJ – Open Source*). Gambar tetesan yang memiliki bentuk mendekati lingkaran atau dengan nilai sudut di atas  $30^\circ$  diukur menggunakan perangkat lunak jenis ini karena memiliki beragam variasi pengukuran yang membantu mempermudah proses pengukuran nilai sudut kontak.

### **2.1.2 Alat Ukur Sudut Kontak *Single Channel***

Alat ukur sudut kontak *single channel* adalah alat yang digunakan untuk mengetahui nilai sudut kontak dengan pengambilan gambar tetesan dari sisi depan tetesan. Berbeda dengan prinsip kerja goniometer yang melakukan pengukuran sudut kontak secara langsung. Nilai sudut kontak tetesan cairan pada permukaan bahan padat diukur menggunakan perangkat lunak berdasarkan gambar tetesan yang diperoleh dari hasil pemotretan tetesan cairan pada permukaan padatan. Salah satu contoh alat ukur sudut kontak *single channel* adalah seperti yang dibuat oleh Gomes dkk (2013) yang mampu membuat alat ukur sudut kontak *single channel* menggunakan mikroskop optis monokuler.

Tampilan hasil pengambilan gambar tetesan menggunakan mikroskop optis monokuler menunjukkan kualitas gambar yang buram, sehingga mempersulit analisis nilai sudut kontak menggunakan perangkat lunak yang digunakan. Metode analisis nilai sudut kontak yang dilakukan pada penelitian tersebut juga hanya didasarkan pada nilai sudut kontak pada sisi kiri tetesan air. Tempat padatan yang sangat kecil pada alat tersebut memberikan pembatasan penggunaan alat hanya mampu digunakan untuk bahan padat dengan ukuran yang kecil.

Gaya tarik yang terjadi pada molekul terklasifikasi menjadi bermacam gaya diantaranya gaya dipol-dipol, gaya dipol-dipol terinduksi dan gaya dispersi yang biasa disebut dengan gaya Van Der Waals. Ion dan dipol saling tarik-menarik dengan gaya elektrostatik yang disebut gaya ion-dipol. Gaya ion dipol tidak termasuk ke dalam gaya Van Der Waals. Semua gaya antar molekul dan intra molekul timbul karena materi terdiri dari atas partikel-partikel yang bermuatan listrik (Chang, 2005).

Ikatan hidrogen adalah jenis khusus interaksi dipol-dipol antara atom hidrogen dalam ikatan polar, seperti N-H, O-H dan F-H dengan elektronegatif O, N atau F. Energi rata-rata satu ikatan hidrogen cukup besar untuk satu interaksi dipol-dipol (hingga 40 kJ/mol). Jadi, ikatan hidrogen merupakan suatu gaya yang kuat dalam menentukan struktur dan sifat-sifat dari banyak senyawa.

### **2.2.1 Gaya Dipol-Dipol**

Interaksi yang terjadi antara dua molekul polar melalui gaya dipol-dipol. Gaya dipol-dipol ini bergantung pada arah kedua molekul polar tersebut. Arah yang dimiliki oleh kedua molekul tersebut membuat kedua molekul tersebut saling tolak menolak atau saling tarik menarik. Pergerakan acak dari molekul polar di dalam gas atau cairan bisa menghasilkan berbagai orientasi dipol-dipol sementara yang memiliki manfaat positif ditinjau dari segi energi (Oxtoby, 2011).

### **2.2.2 Gaya Ion-Dipol**

Suatu molekul polar berinteraksi dengan ion positif maupun ion negatif. Di dalam molekul polar tersebut yang memiliki dua ujung positif dan negatif akan menyebabkan terjadinya gaya tarik menarik antara ion dengan molekul polar tersebut. Ujung molekul polar yang bersifat positif akan menarik ion negatif, sedangkan ujung molekul polar yang bersifat negatif akan menarik ion positif. Interaksi antara



molekul pelarut polar, misalnya air, dan ion terlarut merupakan fenomena yang paling umum dari interaksi ion (Oxtoby, 2011).

Kekuatan interaksi yang terjadi antara suatu ion (kation atau anion) dengan molekul polar bergantung pada muatan dan ukuran ion dan pada besarnya momen dipol dan ukuran molekul. Muatan kation umumnya lebih terpusat, karena ukuran kation biasanya lebih kecil apabila dibandingkan dengan ukuran anion. Jadi, untuk besar muatan yang sama, kation berinteraksi lebih kuat dari pada interaksi anion. Salah satu contoh interaksi ion-dipol adalah larutan NaCl dalam air, ion-ion  $\text{Na}^+$  dan  $\text{Cl}^-$  dikelilingi oleh molekul air, yang memiliki momen dipol yang besar (1,87 D). Bila senyawa ionik seperti NaCl dilarutkan, molekul-molekul air bertindak sebagai isolator listrik yang mempertahankan ion-ion untuk saling berjauhan.

### **2.2.3 Gaya Dipol Terinduksi**

Sifat nonpolar yang dimiliki atom atau molekul disebabkan elektron-elektron di dalamnya terdistribusi secara simetri. Namun, distribusi elektron-elektron didalam atom atau molekul tersebut bisa berubah menjadi tidak simetri ketika ada muatan listrik yang mendekat. Contohnya, yang dimiliki oleh satu atom argon tidak memiliki momen dipol, tetapi ion  $\text{Na}^+$  yang mendekat (dengan muatan positifnya) menarik elektron pada sisi didekatnya jauh lebih kuat dari pada sisi yang jauh. Dengan menarik elektron di dekatnya lebih kuat, ion  $\text{Na}^+$  menginduksi polaritas dalam atom argon. Kondisi yang terjadi setelah terjadinya induksi pada atom atau molekul adalah sama dengan yang terjadi pada kondisi gaya ion-dipol. Ion negatif juga bisa menyebabkan terjadinya gaya dwikutub terinduksi (Oxtoby, 2011).

Gaya tarik-menarik yang timbul sebagai hasil dipol-dipol yang terinduksi sementara dalam atom atau molekul juga disebut dengan gaya dispersi. Gaya dispersi berbanding lurus



dengan besarnya massa molar karena molekul-molekul dengan massa molar yang lebih besar cenderung memiliki lebih banyak elektron dan kekuatan gaya dispersi akan meningkat dengan bertambahnya jumlah elektron. Selain itu, massa molar yang lebih besar sering berarti bahwa atom yang lebih besar distribusi elektronnya lebih mudah diganggu karena elektron-elektron terluarnya kurang terikat pada inti.

### 2.3 Gaya Tolak

Gaya tolak yang dimiliki oleh atom dan molekul bersumber dari tolakan kuat diantara pusat (nonvalensi) awan elektron bila atom bertetangga dipaksa lebih mendekat. Beragamnya energi potensial yang dimiliki oleh atom dan molekul sebagai akibat gaya tolak tolak membuat perannya diabaikan hingga jarak diantara kedua pusat menjadi kecil, dan di sini energi tolakan akan meningkat dengan cepat jika jaraknya dikurangi lagi. Interaksi tolakan yang curam pada jarak yang sangat pendek ini menjelaskan atom yang dimodelkan sebagai bulatan keras yang nyaris tidak tertekan dengan dimensi yang disebut jari-jari Van Der Walls. Jarak minimum diantara molekul dalam fasa terkondensasi ditentukan oleh jumlah jari-jari Van Der Walls dari atom-atomnya. Model pengisi ruang dan penggambaran atom dan molekul biasanya dirancang mendekati permukaan molekul Van Der Walls, yang menyatakan jarak terdekat dengan molekul-molekul tetangganya (Oxtoby, 2011).

### 2.4 Molekul Polar

Ikatan yang memiliki ciri perpindahan muatan secara parsial disebut dengan ikatan kovalen polar. Selisih elektronegatifitas ikatan antara atom A dan B dijelaskan melalui persamaan berikut

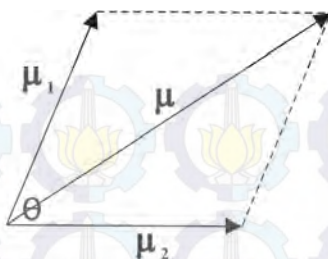
$$X_A - X_B = 0,102\Delta^{1/2} \quad (2.2)$$

dengan  $X_A$  dan  $X_B$  adalah elektronegativitas dari atom A dan B dan  $\Delta$  dinyatakan dalam  $\text{kJmol}^{-1}$ . Atom yang lebih mudah menerima elektron (cenderung membawa muatan negatif bersih) memiliki nilai  $X$  yang lebih besar. Elektronegativitas menurun ke bawah golongan di sisi kiri atau kanan pada sistem periodik unsur. Bahan yang digunakan pada penelitian ini terdiri dari atom H, C, N, O, Cl dan F dimana atom F memiliki nilai elektronegativitas yang paling besar dibandingkan ke lima atom lainnya. Nilai mutlak dari selisih elektronegativitas kedua atom A dan B yang saling berikatan tersebut menyatakan tingkat polaritas ikatannya. Selisih yang besar (lebih besar dari 2,0) menunjukkan bahwa ikatan antara atom tersebut adalah ionik, dengan pengalihan elektron terjadi secara sempurna ke arah atom yang lebih elektronegatif. Selisih yang kecil (kurang dari 0,4) menunjukkan bahwa ikatan antara atom tersebut adalah kovalen, dengan elektron yang ada di dalam ikatan terbagi merata. Sedangkan nilai pertengahan dari selisih nilai elektronegativitas antar atom yang saling berikatan tersebut menunjukkan ikatan yang terjadi adalah ikatan kovalen polar (Oxtoby, 2011).

Efek Stark dapat digunakan untuk mengukur momen dipol listrik suatu molekul melalui pengamatan spektrum rotasinya. Semua molekul diatomik inti berbeda bersifat polar dan nilai biasanya untuk air: 1,85 D. Hubungan antara momen dipol dan selisih keelektronegatifan kedua atom  $\Delta\chi$  adalah

$$\mu \text{ (D)} = \Delta\chi \quad (2.3)$$

Semakin elektronegatif sebuah atom, biasanya merupakan negatif dari dipol, tetapi ada pengecualian, khususnya jika orbital anti ikatan ditempati. Sebagai contoh adalah molekul CO yang mempunyai momen dipol sangat kecil (0,12 D), tetapi ujung negatif dipol itu terdapat pada atom C, walaupun atom O lebih elektronegatif.



Gambar 2.5 Resultan vektor momen dipol ikatan dalam molekul.

Polar atau tidaknya sebuah molekul poliatomik, bergantung pada simetrinya. Molekul nonpolar yang termasuk golongan titik kubus. Momen dipol molekul dengan sumbu simetri, tidak tegak lurus terhadap sumbu itu. Acuan simetri lebih penting dari pertanyaan apakah atom-atom dalam molekul itu sama atau tidak. Jadi, molekul triatomik inti sama  $O_3$  yang bersudut, dengan simetri  $C_{2v}$  bersifat polar, karena rapatan elektron pada atom O pusat berbeda dengan rapatan elektron pada kedua atom O luar. Molekul triatomik inti berbeda  $CO_2$  yang linear, dengan simetri  $D_{\infty h}$  bersifat non polar, karena kedua dipol ikatan mempunyai arah berlawanan dan saling menghilangkan.

Teknik penambahan vektor dapat digunakan dengan cukup berhasil dengan menggunakan persamaan:

$$\mu = (\mu_1^2 + \mu_2^2 + 2\mu_1\mu_2 \cos \theta)^{1/2} \quad (2.4)$$

Apabila momen dipol keduanya sama, maka persamaan dapat disederhanakan menjadi:

$$\mu = 2\mu_1 \cos \frac{1}{2}\theta \quad (2.5)$$

(Atkins, 1997).



## 2.5 Dipol Listrik

Dipol listrik terjadi pada dua muatan  $+Q$  dan  $-Q$  yang memiliki kesamaan magnitudo dan berlawanan arah serta dipisahkan oleh jarak yang dilambangkan  $d$  (Levine, 1995). Dipol listrik direpresentasikan dengan tanda panah  $\rightarrow$  yang ditambahkan pada struktur Lewis molekul itu, dengan  $+$  menandakan ujung positif. Momen dipol biasanya disebutkan dalam Debye (D), dengan

$$1D = 3,336 \times 10^{-30} \text{ Cm.}$$

Debye diambil dari Peter Debye, seorang pelopor yang mempelajari momen dipol molekul. Momen dipol dari sepasang muatan  $e$  dan  $-e$  yang terpisah 100 pm (1 Angstrom) adalah  $1,6 \times 10^{-29}$  cm, yang sepadan dengan 4,8 D. Momen dipol molekul kecil biasanya sekitar 1 D (Atkins, 1997). Debye juga dapat dinyatakan sebagai momen dipol dari dua muatan  $\pm e$  yang terpisah sejauh 0,2082 Angstrom. Momen dipol secara eksperimen diukur dengan metode listrik dan spektroskopi dan memberikan informasi yang berguna mengenai sifat ikatan. Misalnya, dalam HF, nilai  $\delta$  yang dihitung dari momen dipol ( $\mu = 1,82$  D) dan panjang ikatan ( $R = 0,917$  Angstrom) adalah 0,41, jauh lebih kecil dari pada nilai 1 untuk ikatan ionik murni. Konversi  $\delta$  menjadi “persen sifat ionik” dengan mengalikannya dengan 100 dan mengatakan bahwa ikatan HF adalah 41% ionik. Penyimpangan dari 100% ikatan ionik terjadi karena dua alasan: pertama, sumbangan kovalen menghasilkan pemakaian bersama di antara atom-atom; kedua, distribusi muatan elektron di seputar salah satu ion terdistorsi oleh medan listrik dari ion lainnya (polarisasi). Apabila polarisasinya ekstrem, memandang ion-ionnya sebagai titik muatan tidak lagi dapat diandalkan, maka diperlukan deskripsi yang lebih cermat mengenai distribusi muatan listrik ini. (Oxtoby, 2011).



Molekul dengan momen dipol listrik permanen yang berasal dari muatan parsial atom-atomnya, yang dihubungkan dengan ikatan polar adalah molekul polar. Molekul nonpolar dapat memperoleh momen dipol dalam medan listrik, karena adanya distorsi distribusi elektron dan posisi inti, yang disebabkan oleh medan listrik itu. Demikian juga, pada molekul polar, momen dipol yang sudah ada dapat dimodifikasi oleh medan yang diberikan.

Momen dipol permanen dan terinduksi penting dalam bidang kimia karena peranannya dalam gaya antar molekul dan dalam kontribusinya pada kemampuan zat berlaku sebagai pelarut padatan ion. Kemampuan ini berasal dari kenyataan, bahwa satu ujung dipol dapat tertarik dengan gaya Coulomb pada ion dengan muatan berlawanan, sehingga berkontribusi keadaan eksoterm pada entalpi larutan.



Gambar 2.6 Sebuah ion dalam pelarut polar, terlarutkan karena antar aksinya dengan dipol molekul pelarut.

Momen dipol listrik rata-rata per satuan volume sampel disebut polarisasi  $P$ . Jika tidak ada medan, polarisasi sampel fluida nol, karena molekul itu mengambil orientasi acak, sehingga momen dipol rata-ratanya nol. Jika ada medan, maka dipol itu tersusun sebagian dan terdapat kontribusi tambahan dari momen dipol yang terinduksi oleh medan. Jadi, jika diberi medan, maka polarisasi medium bukan nol (Atkins, 1997).

ditimbulkan. Kapasitan bersih dalam kondisi larutan polar lebih besar dari kondisi lingkungan normal (Wesen, 2014).

Persamaan yang digunakan untuk menyelesaikan pengukuran momen dipol diperoleh dari persamaan Onsager. Dalam model ini, momen dipol sebenarnya dari molekul polar yang dilarutkan ke dalam pelarut polar dapat ditunjukkan melalui persamaan berikut:

$$\mu_s^2 = \frac{9\varepsilon_0 kT (\varepsilon' - \varepsilon_\infty)(2\varepsilon' + \varepsilon_\infty)}{cN_A \varepsilon'(\varepsilon_\infty + 2)^2} \quad (2.6)$$

$\mu_s^2$  merepresentasikan momen dipol molekul, konstanta Boltzmann's (k), temperatur (T), konsentrasi molar (c), Bilangan Avogadro ( $\mu_s^2$ ), permitivitas listrik vakum ( $\varepsilon_0$ ), permitivitas listrik larutan ( $\varepsilon'$ ), permitivitas listrik frekuensi tinggi larutan ( $\varepsilon_\infty$ ) (Wlodarska, 2014).

## 2.7 Tegangan Permukaan

Tegangan permukaan adalah ukuran daya tarik antar molekul. Pada cairan, yang dimaksud dengan tegangan permukaan adalah jumlah energi yang dibutuhkan untuk menarik atau memperluas permukaan sebesar satuan luas. Ikatan hidrogen pada molekul air menyebabkan tegangan permukaan yang lebih besar dibandingkan dengan tegangan permukaan cairan lainnya. Aksi kapiler adalah salah satu contoh fenomena tegangan permukaan. Gaya kohesi dan gaya adhesi adalah dua jenis gaya yang menyebabkan terjadinya aksi kapiler. Gaya kohesi adalah gaya tarik-menarik antar molekul pada molekul-molekul yang sama. Sedangkan yang dimaksud dengan gaya adhesi adalah gaya tarik-menarik antar molekul pada molekul-molekul yang berbeda.

Tegangan permukaan juga didefinisikan sebagai kerja yang dilakukan dalam memperluas permukaan cairan dengan satuan luas. Satuan untuk tegangan permukaan ( $\gamma$ ) adalah  $Jm^{-2}$  atau  $dyne\ cm^{-1}$  atau  $Nm^{-1}$ . Tegangan permukaan ( $\gamma$ )

dan tekanan uap tetes cairan yang sangat kecil dihubungkan dengan persamaan

$$\ln \frac{p}{p_0} = \frac{2\gamma M}{drRT} \quad (2.7)$$

Dimana  $p_0$  adalah tekanan uap normal cairan dan  $p$  adalah tekanan uap normal dari tetesan kecil. Tekanan uap ( $p_0$ ) untuk setiap cairan dapat dihitung dengan persamaan *Clausius Clapeyron*.

$$\ln p_0 = -\frac{\Delta H_{uap}}{p_0} + \text{konstanta} \quad (2.8)$$

(Chang, 2005).

Meningkatnya temperatur, energi kinetik dari molekul juga meningkat, keadaan tersebut akan memberikan pengaruh pada daya tarik molekul. Hasilnya, tegangan permukaan yang selalu menurun dengan meningkatnya temperatur. Selama temperatur kritis dari cairan semakin dekat, tegangan permukaan akan berkurang dan pada akhirnya hilang keseluruhan.

Karakteristik cairan dalam bentuk sebuah tetesan dapat dipengaruhi oleh perubahan temperatur dapat ditinjau dari perubahan energi kinetiknya. Cairan dalam bentuk tetesan dibagian dalamnya gaya tarik dari cairan berasal dari segala arah, sedangkan pada bagian permukaannya gaya tarik hanya berasal dari arah samping dan arah bawah permukaan sehingga menimbulkan sebuah batas yang disebut permukaan. Gaya tarik ke arah bawah disebabkan kepadatan yang lebih tinggi. Ketika diberikan temperatur tinggi akan membuat energi kinetik semakin tinggi dan tegangan permukaan menurun. Oleh karena itu dalam penelitian ini perlu dilakukan pengaturan kondisi temperatur.

Persamaan *Ramsay* dan *Shields* untuk variasi nilai tegangan permukaan dengan temperatur adalah:



$$\gamma\left(\frac{M}{\rho}\right)^{\frac{2}{3}} = k (T_C - T - 6) \quad (2.10)$$

dimana  $M$  adalah berat molekul dan  $\rho$  adalah densitas dari cairan. Perbandingan  $M / \rho$  adalah volume molekul.  $T_C$  adalah titik temperatur kritis cairan. Jumlah  $\gamma\left(\frac{M}{\rho}\right)^{\frac{2}{3}}$  adalah energi bebas permukaan molekul. Nilai konstanta  $k$  adalah 2,1 ergs/° untuk cairan hidrokarbon. Untuk alkohol nilai  $k$  bervariasi 0,95 hingga 1,5 dan asam dari 0,90 hingga 1,7. Nilai  $k$  untuk air meningkat dari 0,87 pada 0° menuju 121 pada 140° (Osipow, 1964).

## 2.8 Sistem Padat-Cair

Cairan dikatakan mampu membasahi padatan ketika padatan tersebut mampu mengalami kontak dengan cairan dan molekul-molekul antar permukaannya. Sebagai contoh permukaan kulit terdiri dari campuran air dan lemak yang masing-masing memiliki sifat polar dan nonpolar. Untuk memberikan kontak suatu bahan yang bersifat seperti lemak dengan permukaan kulit tersebut dengan sempurna, maka polaritas bahan tersebut harus besar untuk meningkatkan koefisien penyebarannya.

## 2.9 Polimer

Polimer dikatakan polar jika muatannya ketika diukur memiliki nilai positif atau negatif. Jika polimer tidak memiliki muatan, dikatakan polimer tersebut bersifat non polar. Dalam pengertian istilah yang tepat, polimer adalah suatu bahan yang terdiri dari molekul yang memiliki rangkaian panjang terdiri dari satu hingga lebih jenis atom atau gugus atom yang umumnya saling terkait satu sama lain oleh ikatan kovalen. Makromolekul dibentuk oleh monomer molekul yang saling berikatan melalui reaksi kimia, proses dimana ikatan itu tercapai dikenal dengan polimerisasi. Sebagai contoh, polimerisasi etilen menghasilkan polietilen, sebuah cuplikan



sejenis dapat mengandung molekul dengan 50000 atom karbon yang terkait bersama dalam sebuah rantai. Karakteristik itulah yang membuat polimer berbeda dengan material lain dan memberikan peningkatan sifat-sifat karakteristiknya (Young, 1991).

Konstanta dielektrik dari bahan polimer polar bersifat sangat sensitif terhadap kelembapan. Kebanyakan polimer polar, dan khususnya polimer yang mengandung gugus ikatan hidrogen, sangat peka pada kelembapan. Molekul air dapat bergabung ke dalam ikatan hidrogen pada polimer selama adanya pemaparan faktor kelembapan. Air memiliki konstanta dielektrik sebesar  $(\epsilon) = 80,4$  pada temperatur kamar. Bergabungnya molekul air meskipun dengan jumlah yang sangat kecil akibat faktor kelembapan dapat meningkatkan nilai konstanta dielektrik bahan polimer tersebut. Selain itu, konstanta dielektrik juga seringkali sensitif terhadap kehadiran zat plastisator, stabilisator dan aditif. Gaya listrik yang menentukan nilai polarisasi molar dan konstanta dielektrik juga dapat menentukan energi kohesi bahan.

Homopolimer adalah sebuah turunan polimer dari satu jenis monomer. Namun, kata homopolimer sering digunakan secara luas untuk menjelaskan polimer yang strukturnya dapat digambarkan oleh beberapa pengulangan dari satu atau lebih jenis monomer dari unit pengulangan. Yang terakhir ini kadang-kadang disebut sebagai unit struktural.

Struktur kimia dari polimer biasanya direpresentasikan oleh unit pengulangan yang tertutup dengan braket. Jadi hipotesis homopolimer  $-A-A-A-A-A-A-A-$  direpresentasikan oleh  $[-A-]_n$  dimana  $n$  adalah nomor dari unit pengulangan yang terkait bersama untuk membentuk makromolekul. Tabel 2.1 menunjukkan ringkasan dari beberapa homopolimer yang umum dan juga ditunjukkan unit monomernya darimana dia diturunkan dan kegunaannya.

Tabel 2.1 Polimer dan aplikasinya

Monomer	Polimer	Ulasan
Teflon	Politetrafluoroetilen	Papan hias tembok, film, coating, tahanan temperatur tinggi, inert, isolator yang bagus, koefisien gesekan yang rendah, mahal, contoh: Teflon, Fluon.
PVC	Polivinilklorida	Pipa air, botol, piringan hitam, selang, mainan, selubung kabel listrik, contoh Darvic, Welvic, Vinoflex, Hostalit.
PMMA	Polimetilmetakrilat	Lembaran transparan, jendela pesawat, contoh: Perspex, Diakon, Lucite, Oroglass, Plexiglas.

(Young, 1991).

## 2.10 Pembersihan Permukaan Bahan

Metode uji pengukuran tingkat kebersihan suatu permukaan bahan memiliki kualitas yang bagus untuk mendukung diterimanya bahan tersebut di dunia industri. Beberapa uji untuk menentukan tingkat total dan jenis kontaminasi tanpa mengidentifikasinya dengan kandungan bahan kimia. Sebagai contoh residu yang tidak mudah menguap dan total karbon organik. Kandungan senyawa kimia diidentifikasi dengan metode uji permukaan yang lain. Pengujian kebersihan permukaan bahan berguna juga sebagai standar acuan kinerja bahan seperti tingkat kekakuan bahan dan korosi permukaan. Metode pengujian yang lainnya untuk menentukan tingkat kebersihan permukaan bahan tanpa

mengidentifikasinya dengan bahan kimia. Evaluasi pengujian pembasahan cairan pada titik tertentu pada permukaan. Proses *sampling* menjadi poin yang penting pada metode ini karena pembasahan pada beberapa titik tertentu di permukaan bisa saja tidak merepresentasikan kondisi rata-rata dari permukaan. Kandungan bahan kimia diidentifikasi menggunakan metode pengujian permukaan lain.

Permukaan yang kotor dapat dikarakterisasi dengan mempelajari perilakunya ketika tetesan cairan diletakkan di permukaan bahan padat tersebut. Tingkat kebersihan permukaan dapat disimpulkan oleh konformasi atau bentuk dari tetesan cairan pada permukaan. Bentuk tetesan (sudut kontak antara tetesan dan permukaan) dapat ditentukan dengan:

- a. Karakteristik dari cairan yang ditetaskan pada permukaan,
- b. Karakteristik energi dari permukaan padatan,
- c. Karakteristik permukaan padatan sebagai interaksi dengan fasa uap.

(Durkee, 2008).



## **BAB III METODOLOGI**

Penelitian ini diawali dengan membuat desain alat ukur sudut kontak *dual channel*. Alat ukur sudut kontak *dual channel* yang telah dibuat dilakukan standardisasi untuk mengetahui kinerja alat. Pengujian sifat bahan cair dan padat dilakukan setelah alat distandardisasi. Korelasi nilai momen dipol antara bahan cair dan padat dilakukan setelah data nilai sudut kontak berhasil diperoleh.

### **3.1 Alat dan Bahan**

#### **3.1.1 Peralatan**

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah peralatan gelas, oven, *ultrasonic cleaner*, *Microscope portable* untuk memperoleh gambar tetesan cairan. Analisis gambar tetesan cairan pada bahan padatan untuk memperoleh nilai sudut kontak dilakukan dengan metode tetesan cairan pada bahan padatan, menggunakan perangkat lunak *Low Bond-Axisymmetric Drop Shape Analysis* pada *plugin* (ImageJ, Open Source). Kondisi ruangan pengujian diatur pada temperatur 26-28°C. Gambar tetesan difoto dengan menggunakan *microscope portable* yang terkoneksi langsung dengan *computer portable* (Satellite L630). Lampu latar pada bagian belakang tetesan jenis LED dengan *output* tegangan sebesar 9 volt. *Micro syringe* 25 µL digunakan sebagai media penetesan cairan pada bahan padatan.

#### **3.2 Bahan**

Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah cairan pelarut dan padatan polimer. Cairan tetesan yang digunakan adalah akua demineralisasi, etanol dan toluen. Padatan polimer yang digunakan adalah politetrafluoroetilen (PTFE), polimetilmetakrilat (PMMA) dan polivinilklorida

(PVC), masing-masing memiliki ketebalan 1 mm kecuali PTFE yang memiliki ketebalan 2 mm.

Nilai momen dipol, yang dibutuhkan untuk diteliti korelasinya dengan nilai pengukuran sudut kontak diambil dari literatur:  $\mu$  (Debye) = 1,87 untuk air;  $\mu$  (Debye) = 1,7 untuk etanol;  $\mu$  (Debye) = 0,4 untuk toluen (Smallwood, 1996).  $\mu$  (Debye) = 0,36 untuk politetrafluoroetilen;  $\mu$  (Debye) = 0,71 untuk polimetilmetakrilat ; dan  $\mu$  (Debye) = 0,42 untuk polivinilklorida (Bicerano, 2002).

### **3.2 Prosedur Kerja**

#### **3.2.1 Preparasi Cuplikan**

Pengukuran nilai sudut kontak diawali dengan mempersiapkan bahan padat dan cair yang akan diuji. Padatan polimer dalam bentuk lembaran atau lapisan dicuci menggunakan air deterjen, selanjutnya dibilas menggunakan akua demineralisasi. Setelah itu padatan disonikasi dalam akua demineralisasi dan dikeringkan menggunakan oven pada temperatur 45°. Disimpan padatan yang kering ke dalam desikator dan diambil bergantian ke dalam ruang pengujian.

#### **3.2.2 Standardisasi Alat**

Proses standardisasi alat ukur sudut kontak *dual channel* hasil rancangan sendiri perlu diketahui untuk memastikan fungsi alat dapat berjalan dengan baik dan akurat. Bahan cair ditetaskan ke permukaan lapisan padatan dengan menggunakan *micro syringe* 25 mikro liter. Bahan padatan yang digunakan adalah lembaran PTFE. Diambil akua demineralisasi 25  $\mu$ L.menggunakan *micro syringe*. Ditetaskan cairan ke atas permukaan lapisan padatan PTFE. Diukur nilai sudut kontak yang diperoleh. Kondisi ruangan pengujian diatur pada temperatur 26-28°C.

Dilakukan pengukuran sudut kontak dengan akua demineralisasi pada permukaan lapisan padatan PTFE untuk membuat operator lebih paham dengan teknik pengujian yang

tetes. Dianalisis nilai sudut kontak dan diameter tetes. Dianalisis gambar tetes yang didapatkan dengan menggunakan perangkat lunak *Low Bond-Axisymmetric Drop Shape Analysis* yang telah dipasang di perangkat lunak pengolah gambar ImageJ.

#### **3.2.3.8 Pengukuran Sudut Kontak Toluena-PVC**

Diambil toluena menggunakan *micro syringe* 25 mikro liter. Dipasang *micro syringe* pada *micro syringe holder*. Diteteskan toluena sesuai dengan diameter yang telah ditentukan sebanyak 3 kali. Difoto tetes toluena pada permukaan lapisan padatan PVC dari sisi depan dan atas tetes. Dianalisis nilai sudut kontak dan diameter tetes. Dianalisis gambar tetes yang didapatkan dengan menggunakan perangkat lunak *Low Bond-Axisymmetric Drop Shape Analysis* yang telah dipasang di perangkat lunak pengolah gambar ImageJ.

#### **3.2.3.9 Pengukuran Sudut Kontak Toluena-PMMA**

Diambil toluena menggunakan *micro syringe* 25 mikro liter. Dipasang *micro syringe* pada *micro syringe holder*. Diteteskan toluena sesuai dengan diameter yang telah ditentukan sebanyak 3 kali. Difoto tetes toluena pada permukaan lapisan padatan PMMA dari sisi depan dan atas tetes. Dianalisis nilai sudut kontak dan diameter tetes. Dianalisis gambar tetes yang didapatkan dengan menggunakan perangkat lunak *Low Bond-Axisymmetric Drop Shape Analysis* yang telah dipasang di perangkat lunak pengolah gambar ImageJ.



## **BAB IV**

### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

Pada bab ini ditampilkan dan dijelaskan hasil penelitian dan pembahasan dengan urutan desain dan pembuatan alat ukur sudut kontak *dual channel* dilanjutkan dengan pengujian fungsi alat menggunakan ASTM C813-90 sebagai standar acuan untuk mengetahui kualitas pengukuran yang dihasilkan oleh alat tersebut. Selain itu, juga ditampilkan hasil dan pembahasan uji sudut kontak beberapa padatan polimer dalam bentuk lapisan (PTFE, PVC dan PMMA) dan bahan cair (air, etanol dan toluen) disertai dengan korelasi antara nilai momen dipol yang dimiliki bahan-bahan tersebut terhadap nilai sudut kontak. Pengujian masing-masing nilai sudut kontak menggunakan metode tetesan cairan pada padatan. Pada penelitian ini, ditunjukkan bagaimana nilai sudut kontak, selain dipengaruhi oleh nilai tegangan permukaan juga dipengaruhi oleh nilai momen dipol. Penelitian ini memberikan rekomendasi metode baru untuk pengukuran polaritas bahan padat dan cair.

#### **4.1 Alat Ukur Sudut Kontak Dual Channel**

Alat ukur sudut kontak *dual channel* berhasil dilakukan. Pengamatan tetesan cairan pada permukaan bahan padat dapat diamati dari dua sisi menggunakan dua kamera, sehingga disebut dengan *dual channel*. Modifikasi *dual channel* pada alat ukur ini menggunakan kamera pada sisi depan dan sisi atas tetesan cairan yang telah ditetaskan pada permukaan bahan padat. Pembuatan alat ukur sudut kontak *single channel* dengan memodifikasi mikroskop optis monokuler sudah pernah dilakukan oleh Gomes dkk (2013). Desain alat ukur sudut kontak pada penelitian tersebut masih menggunakan satu kamera untuk mengamati tetesan cairan pada padatan dari sisi depan. Padahal, bentuk tetesan juga memberikan pengaruh terhadap nilai pengukuran sudut kontak yang dihasilkan. Bentuk tetesan yang tidak benar-benar membentuk lingkaran sempurna

pada komponen alat. Kegoyahan komponen alat ukur dapat mengakibatkan perbedaan pengukuran yang cukup signifikan untuk cuplikan yang sama atau dengan kata lain tingkat akurasi alat akan berkurang. *Backlight* yang digunakan adalah jenis LED yang dilengkapi dengan pengaturan intensitas cahaya.

Kamera yang digunakan pada alat ukur sudut kontak ini adalah *microscope portable* dimana penggunaan kamera ini mampu memiliki rentang perbesaran  $20 - 800 \times$ . Rentang perbesaran yang lebar tersebut memudahkan proses pengamatan tetesan walaupun dengan jarak antara kamera dengan tetesan cairan pada padatan cukup beragam. Selain itu kamera jenis ini juga dilengkapi lampu LED yang dapat digunakan untuk memperoleh gambar tetesan lebih optimal. Kualitas gambar tetesan yang dihasilkan dengan menggunakan kamera yang digunakan pada penelitian ini menunjukkan hasil yang lebih bagus dan jelas dibandingkan dengan hasil rancangan alat ukur sudut kontak *single channel* menggunakan mikroskop optis monokuler sebagaimana yang dilakukan oleh Gomes dkk (2013). Dengan melakukan beberapa penyesuaian dengan *backlight* dan karakteristik warna padatan maka akan diperoleh gambar tetesan yang sangat bagus dan jelas.

Lampu LED sebaiknya dinyalakan dan *backlight* diatur dengan intensitas cahaya yang rendah untuk pengambilan gambar sudut kontak pada padatan yang transparan. Sedangkan untuk padatan yang tidak transparan atau tidak dapat tertembus cahaya maka disarankan lampu LED pada kamera dimatikan dan *backlight* diatur dengan intensitas yang tinggi.

#### **4.2 Standarisasi Alat Ukur Sudut Kontak *Dual Channel***

Standarisasi alat yang telah dirangkai perlu dilakukan agar operator terbiasa dan cakap mengoperasikan alat ini. Nilai sudut kontak akua demineralisasi pada lapisan padatan politetrafluoroetilen digunakan sebagai standar kualitas pengukuran nilai sudut kontak menggunakan metode tetesan (ASTM C813-90, 2004). Dilakukan pencucian pada permukaan

bahan padatan dalam larutan deterjen berfungsi untuk menghilangkan pengotor yang masih terdapat di permukaan bahan padatan. Kandungan surfaktan di dalam deterjen mampu menghilangkan pengotor pada permukaan bahan padatan. Surfaktan mempunyai dua ujung kepala bersifat lipofilik dan hidrofilik. Bagian surfaktan yang bersifat lipofilik akan mengikat pengotor dalam bentuk minyak pada permukaan padatan, sedangkan bagian surfaktan lainnya yang bersifat polar akan mengikat air. Adanya dua bagian yang bersifat berbeda tersebut menyebabkan deterjen yang mengandung surfaktan mampu mempersatukan campuran yang mengandung air dan minyak. Interaksi tersebut mampu menurunkan tegangan permukaan air dan pengotor pada sistem yang mengakibatkan hilangnya pengotor dari permukaan padatan dan proses pencucian berlangsung dengan baik.

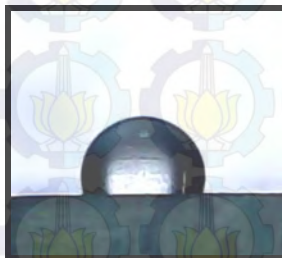
Dibilas bahan padatan dengan akua demineralisasi berguna untuk memastikan bahwa tidak ada larutan deterjen yang tertinggal pada permukaan padatan, sehingga perlu dilakukan pembilasan permukaan padatan dengan akua demineralisasi. Permukaan padatan yang bersih dari pengotor akan menghasilkan hasil pengukuran sudut kontak yang akurat. Interaksi antarmuka yang terjadi harus benar-benar antara bahan padatan dengan pelarut dan tidak ada pengaruh bahan campuran lainnya yang tidak diinginkan. Adanya pengotor menyebabkan nilai sudut kontak yang dihasilkan kurang akurat.

Proses sonikasi dilakukan dengan tujuan untuk menghilangkan partikel pengotor yang masih menempel pada permukaan padatan. Pemisahan partikel pengotor pada permukaan terjadi dengan cara memecah interaksi antarmolekul di permukaan. Pemecahan antarmolekul disebabkan dari pengaruh getaran mekanis hasil perubahan sinyal listrik. Pergerakan yang terjadi dengan cepat menghasilkan pengaruh kavitasi dengan terbentuknya gelembung-gelembung dalam skala mikroskopis di dalam larutan. Pengaruh kavitasi yang mampu membentuk dan menghancurkan gelembung dalam



ukuran mikroskopis tersebut akan menghasilkan gelombang dengan energi yang sangat tinggi sehingga dapat membersihkan partikel pengotor pada permukaan. Penyimpanan bahan padatan di dalam desikator pada temperatur ruang berguna untuk menjaga kondisi substrat padatan agar tetap kering. Permukaan padatan yang bersih dan kering mampu menghasilkan nilai pengukuran sudut kontak yang akurat.

Pengukuran nilai sudut kontak antara akua demineralisasi dan bahan padatan politetrafluoroetilen digunakan sebagai standarisasi alat ukur sudut kontak yang telah dibuat. Standarisasi ini bertujuan untuk membandingkan standar alat ukur sudut kontak *dual channel* yang telah dibuat dengan standar internasional dengan bahan-bahan acuan yang digunakan, yaitu air dan politetrafluoroetilen sehingga akurasi alat ukur sudut kontak ini sesuai dengan rancangannya. Penggunaan air sebagai bahan acuan untuk proses standarisasi alat karena bahannya yang relatif aman dan mudah didapat sehingga proses standarisasi alat dapat dengan mudah dilakukan. Selain itu sifat bahan padatan yang sangat tidak suka dengan air juga menjadi alasan penggunaan air sebagai bahan acuan proses standarisasi alat. Penggunaan substrat padatan politetrafluoroetilen sebagai bahan acuan untuk standarisasi karena sifatnya yang sangat hidrofobik dan bersifat *inert* terhadap semua bahan kimia.



Gambar 4.2 Tampak depan tetesan cairan (akua demineralisasi) pada permukaan lapisan padatan politetrafluoroetilen.

permukaan politetrafluoroetilen. Nilai sudut kontak air pada permukaan politetrafluoroetilen diperoleh sebesar  $118,783^\circ$  dengan diameter sebesar 0,260 cm sebagaimana ditampilkan pada Gambar 4.2 dan 4.3. Nilai tersebut berada pada rentang  $108-125^\circ$  yang menunjukkan bahwa perolehan nilai sudut kontak menggunakan alat yang telah dibuat pada penelitian ini sesuai dengan standar internasional (ASTM C813-90, 2004).

#### 4.3 Analisis Nilai Sudut Kontak Air pada Permukaan Lapisan Padatan Politetrafluoroetilen

Pengukuran nilai sudut kontak dilakukan pada air (akua demineralisasi) yang ditetaskan pada permukaan lapisan padatan politetrafluoroetilen. Nilai sudut kontak yang telah dianalisis sebanyak 3 kali pada setiap variasi diameter ditunjukkan pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Nilai pengukuran sudut kontak tetesan air pada permukaan lapisan padatan politetrafluoroetilen.

Diameter (cm)	Sudut Kontak ( $^\circ$ )		
	1	2	3
0,260	118,783	118,783	118,783
0,269	114,808	114,808	114,808
0,272	111,530	111,530	111,530
0,277	111,050	111,050	111,050
0,284	109,461	109,461	109,461

Nilai sudut kontak air pada permukaan lapisan padatan politetrafluoroetilen yang diperoleh menggunakan *Low Bond-Axisymmetric Drop Shape Analysis* menunjukkan hasil yang berbeda pada setiap diameter.

menyebabkan terjadinya polarisasi muatan pada salah satu sisi molekul tersebut. Polarisasi ini berperan penting untuk memberikan informasi mengenai besarnya nilai elektrik, interaksi bahan dengan cahaya dan interaksi antar muka padat dan cair. Molekul yang mengalami polarisasi pada salah satu bagian sisinya disebut dengan molekul polar, sedangkan untuk molekul yang tidak mengalami polarisasi disebut molekul nonpolar.

Air yang biasa digunakan sebagai pelarut merupakan pelarut yang bersifat polar karena memiliki nilai momen dipol yang menandakan terjadi pengutuban pada salah satu bagian sisinya yaitu ke arah atom O. Pengutuban ke arah atom O karena atom O memiliki nilai keelektronegatifitasan yang lebih tinggi jika dibandingkan nilai keelektronegatifitasan atom H yang mengapitnya. Selain itu, adanya pasangan elektron bebas pada atom O juga menyebabkan molekul tidak memiliki simetri inversi dimana elektron dipusat atom tidak terbagi sama kuat pada kedua kutub. Bentuk geometri molekul air yang tidak linear disebabkan adanya tarikan dari pasangan elektron bebas dari atom O terhadap atom H membuat molekul air bersifat polar. Bentuk geometri molekul air seperti huruf V disebabkan adanya gaya tolak menolak antara pasangan elektron bebas dengan pasangan elektron ikatan yang lebih kuat daripada gaya tolak menolak antar pasangan elektron ikatan. Hal itu menyebabkan sudut ikatan molekul air tidak linear dan berkurang.

Etanol bersifat polar karena memiliki nilai momen dipol lebih dari nol. Nilai tersebut disebabkan adanya atom O pada gugus hidroksil yang memiliki nilai keelektronegatifitasan yang lebih tinggi dibandingkan nilai keelektronegatifitasan atom C pada gugus etil. Fakta tersebut menyebabkan molekul metanol mengalami polarisasi ke daerah gugus hidroksil. Pasangan elektron bebas yang dimiliki atom O pada gugus hidroksil menyebabkan molekul tidak simetri. Bentuk geometri tersebut ikut berperan terhadap polaritas molekul etanol. Dua



atom pusat yang dimiliki molekul etanol adalah atom C dan O. Ketiga pasangan elektron ikatan dari gugus etil dan pasangan elektron ikatan atom C dan O tersusun dalam geometri tetrahedral disekitar atom C. Sudut ikatan yang terbentuk antara atom HCH dan atom OCH sebesar  $109^\circ$ . Sebagaimana pada pembahasan pada geometri molekul air, atom O pada ikatan HOC memiliki geometri menekuk dan sudut yang terbentuk pada ikatan HOC sebesar  $105^\circ$ .

Cairan lain yang digunakan sebagai bahan uji adalah toluen. Toluena juga biasa digunakan sebagai pelarut untuk beberapa aplikasi. Karakteristik toluena termasuk cairan nonpolar. Geometri molekul toluena adalah simetri dimana cincin benzena dengan gugus metil pada salah satu rantai karbonnya. Tidak adanya pasangan elektron bebas juga membuat geometri molekul toluena membentuk simetri, sehingga senyawa ini termasuk senyawa nonpolar.

Perbedaan nilai sudut kontak yang diperoleh dari pengukuran bahan padat dan cair yang digunakan dipengaruhi oleh gaya Van der Waals masing-masing partikel. Gaya Van der Waals dapat terjadi antara partikel yang sama atau berbeda. Nilai momen dipol dari masing-masing bahan yang diuji menyebabkan adanya ikatan Van der Waals partikel-partikel bahan. Bahan yang mempunyai momen dipol paling kecil akan mempunyai gaya Van der Waals yang kecil juga.

Hasil tersebut sesuai dengan teori bahwa gaya Van der Waals yang merupakan gaya tarik-menarik listrik suatu bahan disebabkan adanya nilai momen dipol yang dimiliki oleh bahan tersebut. Kepolaran bahan yang berbanding lurus dengan nilai momen dipol permanen yang sudah dimiliki oleh masing-masing bahan. Ketika bahan cairan diteteskan ke atas permukaan bahan padatan akan terjadi induksi momen antara bahan cair dengan bahan padat. Nilai momen dipol induksi ini berpengaruh pada sudut kontak yang dihasilkan.

Bentuk tetesan etanol dan toluena pada permukaan lapisan padatan PVC dan PMMA yang menyebar menyebabkan

tidak bisa terukurnya nilai sudut kontak yang dihasilkan. Sifat kedua bahan tersebut yang memiliki nilai momen dipol berdekatan dapat menjadi faktor penyebab bentuk tetesan tersebut. Hasil tersebut berbeda ketika ketiga bahan cair ditetaskan pada permukaan PTFE yang memiliki nilai momen dipol rendah 0,36 D. Ketiga bahan cair mampu membentuk tetesan yang bundar sebagian disebabkan PTFE memberikan gaya tolak yang tinggi karena sifat polaritas yang berbeda dengan cairan yang ditetaskan.

Penelitian ini menjadi langkah awal penggunaan metode analisis sudut kontak sebagai alat ukur polaritas bahan cair dan padat. Alat ukur polaritas bahan ini dibuat berdasarkan nilai sudut kontak bahan. Momen dipol bahan pelarut dan padatan yang dipilih dan digunakan telah diketahui nilainya. Korelasi nilai sudut kontak dan momen dipol bahan selanjutnya dapat digunakan sebagai *database* untuk pengukuran polaritas bahan.

## **BAB V**

### **KESIMPULAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan penelitian dan pengamatan yang dilakukan, dapat diambil kesimpulan bahwa alat ukur sudut kontak *dual channel* yang telah dibuat memiliki kemampuan pengukuran yang akurat sesuai standar internasional dengan rentang nilai sudut kontak ( $108-125^\circ$ ) yang tercantum dalam ASTM C813-90. Modifikasi sisi pengamatan tetesan cairan dari sisi depan dan atas tetesan memberikan tambahan informasi mengenai bentuk tetesan cairan pada permukaan lapisan padatan. Nilai sudut kontak yang dihasilkan menunjukkan hasil yang berbeda pada masing-masing diameter tetesan dengan bahan yang sama. Semakin besar nilai momen dipol antara air, etanol dan toluen akan memberikan nilai sudut kontak yang juga semakin besar pada permukaan lapisan padatan politetrafluoroetilen.

#### **5.2 Saran**

Optimalisasi pengukuran nilai sudut kontak perlu dilakukan untuk penelitian selanjutnya. Pengukuran nilai sudut kontak dengan metode perekaman gambar tetesan perlu dilakukan untuk mengetahui bagaimana perubahan nilai sudut kontak setiap detiknya, sehingga diketahui pada detik beberapa nilai sudut kontak tetesan cairan diukur. Modifikasi pegangan kamera bagian atas tetesan dan *micro syringe* masih perlu dilakukan. Pemisahan antara pegangan kamera dan *micro syringe* perlu dipisah agar diperoleh data perubahan nilai sudut kontak dan diameter setiap detik rekaman gambar dari tetesan cairan yang sama. Penggunaan *stepper motor controller* perlu dilakukan untuk mempermudah pengaturan penetesan bahan cair pada permukaan bahan padat. Pengujian bahan padat dan cair lain masih perlu dilakukan agar



diperoleh tambahan *database* data yang sangat berguna untuk mewujudkan metode penentuan polaritas bahan menggunakan alat ukur sudut kontak *dual channel*. Penghubungan secara langsung pengukuran nilai sudut kontak setelah cairan ditetaskan dengan perangkat lunak pengukur nilai sudut kontak juga bisa dilakukan untuk mengetahui secara langsung nilai sudut kontak dan diameter tetesan cairan pada padatan secara bersamaan. Penelitian ini dapat dijadikan sebagai tahap awal untuk menjadikan alat ukur sudut kontak *dual channel* menjadi metode pengukuran polaritas bahan padat dan cair apabila diperoleh korelasi yang tepat antara nilai momen dipol terhadap nilai sudut kontak pada bahan yang diuji.

## DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN A	Diagram Skematik Penelitian.....	57
LAMPIRAN B	Gambar Tetesan .....	66

## LAMPIRAN

### LAMPIRAN A

#### DIAGRAM SKEMATIK PENELITIAN

##### A.1 Diagram Alir Pengukuran Sudut Kontak Bahan 1

Akua Demineralisasi

- diambil 25  $\mu\text{l}$  menggunakan micro syringe
- dipasang micro syringe pada micro syringe holder
- ditetaskan akua demineralisasi sesuai diameter yang ditentukan ke permukaan padatan PTFE

Hasil  
analisis tetesan



## A.2 Diagram Alir Pengukuran Sudut Kontak Bahan 2

Akua Demineralisasi

- diambil 25  $\mu$ l menggunakan micro syringe
- dipasang micro syringe pada micro syringe holder
- ditetaskan akua demineralisasi sesuai diameter yang ditentukan ke permukaan padatan PTFE

Hasil  
analisis tetesan

### A.3 Diagram Alir Pengukuran Sudut Kontak Bahan 3






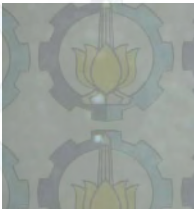
Akua Demineralisasi

- diambil 25  $\mu\text{l}$  menggunakan micro syringe
- dipasang micro syringe pada micro syringe holder
- ditetaskan akua demineralisasi sesuai diameter yang ditentukan ke permukaan padatan PTFE

Hasil  
analisis tetesan









#### B.4.4 Gambar Tetesan etanol-PTFE dengan diameter 0,333


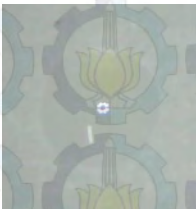



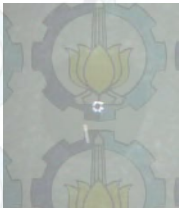
No	Tampak Depan	Tampak Atas
1		
2		
3		



### B.4.5 Gambar Tetesan etanol-PTFE dengan diameter 0,337







No	Tampak Depan	Tampak Atas
1		
2		
3		

### B.5.2 Gambar Tetesan toluen-PTFE dengan diameter 0,369

No	Tampak Depan	Tampak Atas
1		
2		
3		






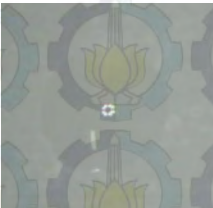


### B.5.3 Gambar Tetesan toluen-PTFE dengan diameter 0,371






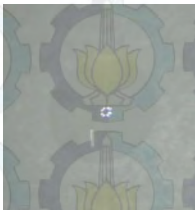
No	Tampak Depan	Tampak Atas
1		
2		
3		



#### B.5.4 Gambar Tetesan toluen-PTFE dengan diameter 0,376

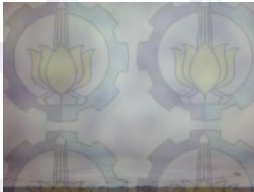


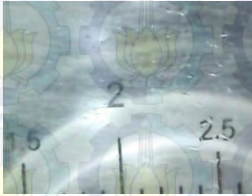
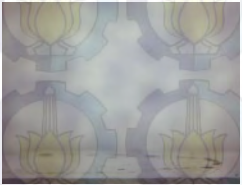
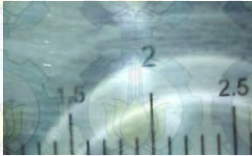
No	Tampak Depan	Tampak Atas
1		
2		
3		

### B.5.5 Gambar Tetesan toluen-PTFE dengan diameter 0,378

No	Tampak Depan	Tampak Atas
1		
2		
3		


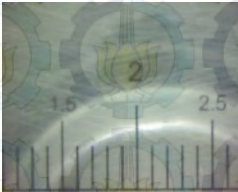
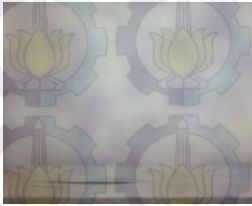

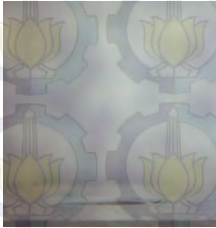



## B.6 Gambar Tetesan etanol-PMMA


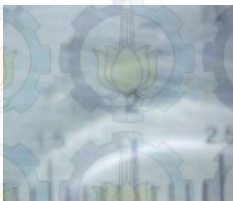


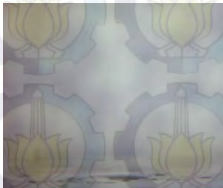
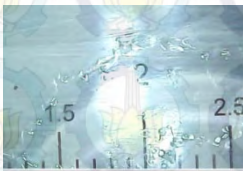
No	Tampak Depan	Tampak Atas
1		
2		
3		



### B.7 Gambar Tetesan toluen-PMMA


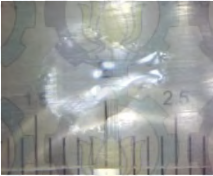


No	Tampak Depan	Tampak Atas
1		
2		
3		

### B.8 Gambar Tetesan etanol-PVC

No	Tampak Depan	Tampak Atas
1		
2		
3		



### B.9 Gambar Tetesan toluen-PVC

No	Tampak Depan	Tampak Atas
1		
2		
3	